

# 数学アートを題材とした STEAM 探究活動の実践

中 田 文 憲

## 要旨

福島大学重点研究分野 (foR-F プロジェクト)「福島型 STEAM 教育の開拓」の一環として令和 3 年度に行った「数学アートプロジェクト」の実践について報告する。本実践ではプログラミングを用いて数学的なグラフィックスを制作する活動を通し、STEAM の発想に基づいた分野横断的な探究力の育成を旨とすると同時に、ICT を用いた個別最適で協働的な学びの実現を目指した。その成果と課題について整理する。

## 1. はじめに

Society5.0 社会の実現に向けた新しい教育のあり方として STEAM 教育の重要性が指摘されるなか、福島大学では筆者を研究代表者とする「福島型 STEAM 教育の開拓」プロジェクトを令和 3 年度より始動した。本プロジェクトは福島大学重点研究分野 (foR-F プロジェクト) に指定され、令和 3 年 8 月から令和 6 年 3 月までの期間、大学からの重点的な研究支援のもと研究・実践活動を推進している。社会的な情勢や foR-F プロジェクト指定の経緯については文献 [8] を、令和 3 年の活動全体の総括は文献 [9] を参照いただきたい。本報告では、令和 3 年度の活動として行った「数学アートプロジェクト」について、背景やねらい、活動の詳細、および成果について紹介する。

## 2. 背 景

### 2.1. 数学と芸術の親和性

数学はその正確さと論理性からあらゆる科学の基礎として重要視されてきた。しかし、数学好きを魅了するのは「数学が役に立つ」という事実だけではなく、「数学そのものの美しさ」が大きな位置を占めていると考えられる。数式が描き出す曲線や曲面、整数や素数が織りなす規則性と不規則性のリズム、対称性、調和、ひらめきと意外性、パズルが嵌った時のような爽快感。このような数学と芸術の関連について、Eli Maor は次のように

述べている

おそらく誰もが、アートと数学は混じり合わないと思うでしょう。それはなぜでしょうか。アートとは芸術家がみた世界から得た主観的なもの、すなわち感情や印象を表現するものであるのに対して、数学はその正反対であり、冷たく、理屈っぽく、感情が入り込む余地がないと思うからでしょう。しかし、この考えは間違っているのです。西洋のルネサンスの時代は、数学とアートの活動は協力して行われていただけでなく、これらは人の心の中で補い合うものと考えられていました。(Eli Maor, 2015)

### 2.2. 数学の探究活動

すべての教科において探究的な学びが重要となっている現在、数学の専門性に引きつけた探究活動をどのようにデザインするかは極めて重要な課題である。その際、「身の回りで役に立つ数学」に注目するのは意味のあることだが、それだけでは数学の魅力のごく一部にしか触れられない。むしろ、上述のような数学のもつ「美しさ」こそ数学の最大の魅力であり、そこには極めて探究的な「解のない数学」の学びの可能性が広がっている。

このような観点から、「福島型 STEAM 教育」構築へ向けた数学からのアプローチとして「数学的な美しさの追求」を一つの方向性として掲げたい。「数学の美しさ」を芸術(アート)の技法によっ

て表現したもの、あるいは数学的な題材から発想される芸術および芸術作品を「数学アート」と呼ぶことにし、学生が数学アートに取り組む活動をデザインすることを、プロジェクトの最初の実践のひとつとして行うこととした。

### 2.3. プログラミング教育

本実践を実施した令和3年度は、小学校、および中学校での「プログラミング教育」が必修化され、また令和4年度からの高等学校での「情報I」の必修化を控える状況であった。このような状況を見越した高等数学教育の新しいあり方の模索として、筆者はフリーソフトウェア Processing の活用についての先行的な研究と実践を行っている(中田, 2019)。Processing はアートやデザインのために開発されたプログラミング環境であり、利用者はプログラミングの深い知識がなくても比較的容易にアート作品を制作することができる。プログラムの結果が視覚的に現れてわかりやすいことから、プログラミング教育における有効性も期待されている。

### 2.4. ジェネラティブアート

数学者で、数学的な視覚表現の活動を行っている巴山は「科学と芸術をつなぐ橋」として「ジェネラティブアート」を紹介している(巴山, 2019)。ジェネラティブアートとは「コンピュータソフトウェアのアルゴリズムや数学的・機械的・無作為的自立課程によってアルゴリズム的に生成・合成・構築される芸術作品」と定義される。例えば図1は数学アートプロジェクトの学生募集のちらしであるが、その紙面には筆者が作成した以下の4つの画像を用いた。このうち3と4はジェネラティブアートに位置付けられる。

1. ポアンカレ円盤上のタイリング (左上)
2. トーラス結び目 (右上)
3. マンデルブロー集合 (左下)
4. セルオートマトン (右下)

巴山は著書 [2] において数学の視覚表現に焦点をあてた Processing によるジェネラティブアート

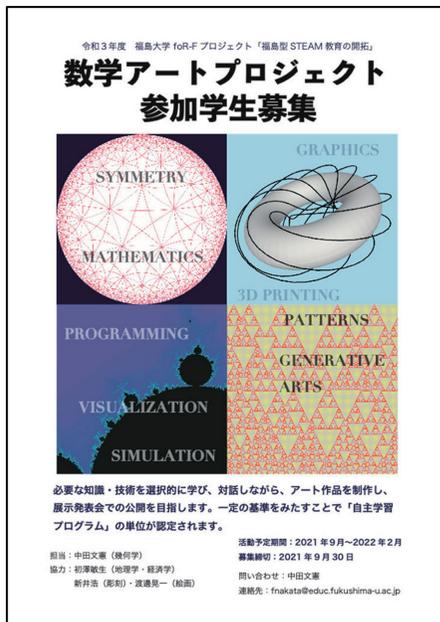


図1 学生募集ちらし

の実践手法を提示している。Processing を用いた数学アート(ジェネラティブアート)の制作は、数学の専門性に引きつけた STEAM 教育の実践としては格好の題材であると考えられることから、「数学アートプロジェクト」においてもジェネラティブアートを中心的な目標に据えることとした。

## 3. ねらいと特徴

### 3.1. 問題解決型学習と個別最適な学び

STEAM 教育を実践する上での重要なキーワードとして問題解決型学習が挙げられる。本実践では、講義を中心とした一方向的な知識・技能の獲得ではなく、学生個人の主体性に基づく個別最適な学びの実現を目指した。学生には「Instagram をバズらせろ！」をスローガンとして示し、各学生の興味・関心・能力に応じて自身が学ぶべき知識を選択し、個別最適な学びを実施できるよう、以下の仕掛けを施した。

・ Google サイトを用いて数学アートプロジェクトのウェブサイトを用意し、YouTube による解説動画やプログラミング例の資料を多数掲載する。学生はこれらを取捨選択しながら自身に必

要な知識を e-ラーニングによって獲得する。

- ・用意したウェブサイトのみならず、Processing のオフィシャルサイトや、ウェブ上の様々な情報を積極的に探しに行くよう促し、またその情報を参加者で共有するよう促す。
- ・特別講義やワークショップを実施し、参加者の創造力を刺激する。
- ・チャットアプリケーション slack を用いた連絡体制により、教員と学生、および学生同士のコミュニケーションを行う。わからないことを質問したり、情報を交換しあう雰囲気を作る。
- ・遠隔会議システム Zoom を必要に応じて利用し、学生同士のコミュニケーションや、遠隔講義を実施する。
- ・参加タイプを A、B に分ける。A タイプは福島大学の自主学習プログラムとして履修登録し、一定時間の活動を実施するとともに、内容的にも一定の学びに達することを目指す。B タイプは履修登録せず、気ままに作品制作に取り組む。B タイプは講義等への出席を義務づけず、純粋に楽しむことを目的とする学生の参加を想定する。

### 3.2. デザイン思考の手法と学生の主導によるプロジェクトの推進

活動には以下のようなデザイン思考の手法を取り入れた。

- ・参加者を数名からなる幾つかのグループにわけ、各グループにはリーダー・サブリーダーを配置し、リーダーの取りまとめによる協働により自主的な作品制作を促す。
- ・デザイン思考の5つのフェーズ（調査→分析→統合→仮組み→テスト→）のサイクルを期間中に2度まわし、デザイン思考のマインドセット（型にはまらない・ひとまずやってみる・失敗して前進する）の獲得と涵養を目指す。
- ・スローガン「Instagram をバズらせろ！」をいかにして実現するか、学生にそのアイデアを募り、議論と実践を行う。

### 3.3. 教育の DX（デジタルトランスフォーメーション）

数学アートプロジェクトにおけるもう一つの重要なテーマは教育の DX である。新しいテクノロジーをフルに使うことで STEAM 教育としての効果を最大限に高めるのみならず、種々のテクノロジーが当たり前ものとなってくるこれからの時代、教育はどのような形を取るのがふさわしいのか、今回のプロジェクトをそのプロトタイプとして位置付ける。具体的には、以下の取り組みが該当する内容として挙げられる。

- ・専用 Web サイト・YouTube 動画を軸とする e-ラーニングの環境整備
- ・チャットアプリ slack を中心とするコミュニケーション
- ・遠隔会議システム Zoom を利用したコミュニケーションおよび講義
- ・Instagram および YouTube による、作品の世界的公開

### 3.4. 作品の公開

作品の公開については、Instagram および YouTube による電子的な公開による世界への発信を主としつつ、展示会場でのリアルな展示についても模索した。

特に Processing によって制作される作品は、しばしば動的（インタラクティブ）なグラフィックスであるため、実際にマウス操作などをしながら体感的に楽しむ展示を行うことが可能である。このため、公開方法としては、印刷物の展示より、パソコン、タブレットまたは大型ディスプレイ（デジタルサイネージ）あるいはプロジェクタ等を用いた展示が望ましい。

## 4. 活動の準備

### 4.1. 学生への呼びかけ・参加登録

学生の参加を募る呼びかけは令和3年7月下旬より開始した。講義の際にプロジェクトの趣旨を説明して参加を募るほか、図1のちらしを学内に掲示した。参加登録は電子メールで受付け、登録

期限は9月末に設定した。

8月中旬に slack ワークスペースを立ち上げ、順次、参加者を slack に登録。登録の締め切りに先立ち、登録の完了した学生には9月初めから、ソフトウェアの準備やe-ラーニングによる自習を進めてもらうことにした。

#### 4.2. 教材の準備

数学アートプロジェクトでは、知識・技能の習得は講義ではなく、専用ウェブサイトを中心とするe-ラーニングで行うこととした。解説動画やお手本コードを豊富に用意し、Google サイトを用いて作成したウェブサイトに掲載した。動画は iMovie で編集し、YouTube に限定公開、お手本コードはテキストファイルとして Google ドライブに置き、ウェブサイトからリンクを貼った。

ウェブサイトと教材の準備は7月から開始し、活動開始後も資料を随時追加した。ウェブサイトの構成は図2から図10の通りである。サイトには動画やコードのリンクを多数用意したが、サイト上にグラフィック画像を載せることで、どの項目で何を説明しているのか分かりやすくすると同時に、参加学生の創作意欲を掻き立てるように工夫した(図7)。

#### 4.3. ルーブリック評価

「福島型 STEAM 教育の開拓」プロジェクトでは、メンバーの新井の取りまとめにより、「福島型 STEAM 教育で育成する力」を整理し、25項目からなるルーブリック評価指標を作成した(新井, 2022)。本実践においては活動前と活動終了後に参加者にルーブリック評価を実施してもらい、活動の成果について検証することとした。

### 5. 活動の概要

#### 5.1. 活動計画

活動開始時の活動計画を図11に示す。計画のポイントは以下の通りである

- ・9月末の参加登録締め切りを前に参加メンバーをいくつかのチームに分けて、リーダーとサブ

- はじめに
  - ・ 説明
  - ・ 数学アートプロジェクト案内(動画)
  - ・ 学びの進め方(動画)
  - ・ Processing のダウンロード方法と最新情報(動画)
- はじめての Processing
  - ・ はじめての描画(動画)
  - ・ インタラクティブな描画(動画)
  - ・ ファイルの保存とオープン(動画)
  - ・ 逐次処理(動画)
  - ・ 画像と動画の出力方法(動画)
- さまざまな操作
  - ・ Processing の基本 → 図3
  - ・ さまざまな図形と動き → 図5
  - ・ 発展的なアルゴリズムと乱数 → 図7
  - ・ メディア → 図6
  - ・ 3D → 図4
- 楽しいことを始めよう!(初級編)
  - ・ フリーハンドおえかき(コード/動画)
  - ・ ゆらゆら揺れる正方形を重ね描き(コード/動画)
  - ・ うごく虹色の帯(コード/動画)
  - ・ ゆっくり追ってくる円とその残像(コード/動画)
  - ・ 回転する正方形を重ね描き(コード/動画)
  - ・ ひまわりのらせん(コード/動画)
  - ・ 二重の for 文で遊ぶ
    - 前半(動画)
    - 後半(コード/動画)
  - ・ 振動する放物線(コード/動画)
- もっと楽しいことやろうぜ!(中級編) → 図8
- みんなをびっくりさせよう!(上級編)

図2 Web サイト(メインページ)

リーダーを決める。

- ・参加タイプ(A:履修登録,B:気ままに参加)を、10月末の自主学修プログラムの履修登録完了までに、確定する。
- ・プロジェクトの成果を評価するため、プロジェ

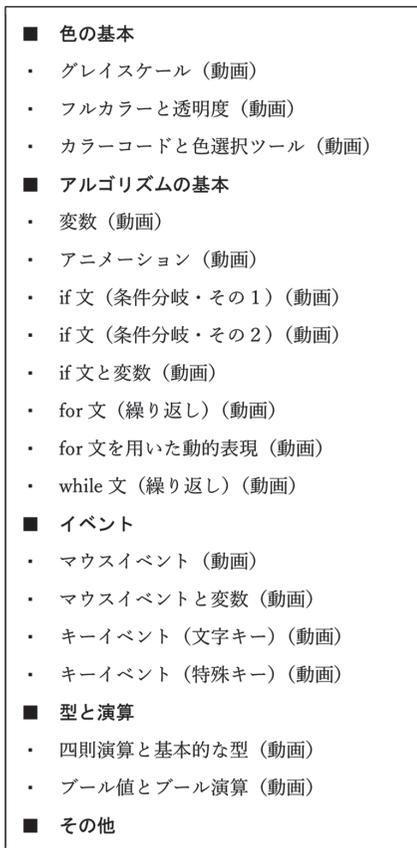


図3 Web サイト (Processing の基本)

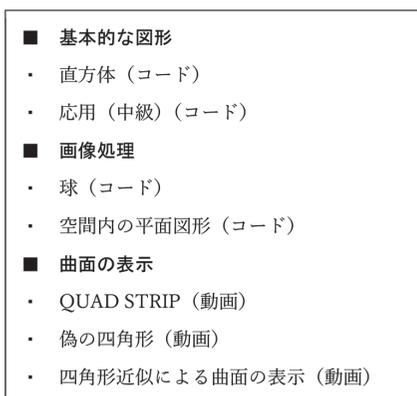


図4 Web サイト (3D)

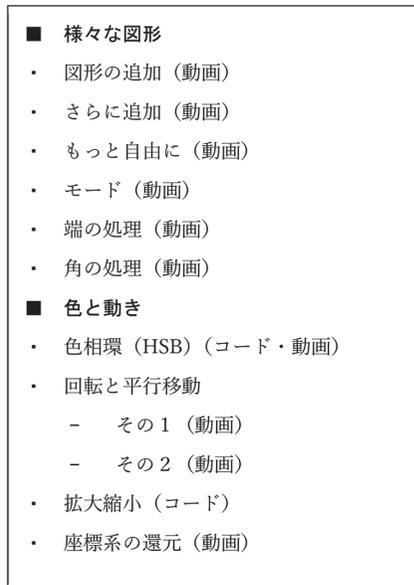


図5 Web サイト (さまざまな図形と動き)

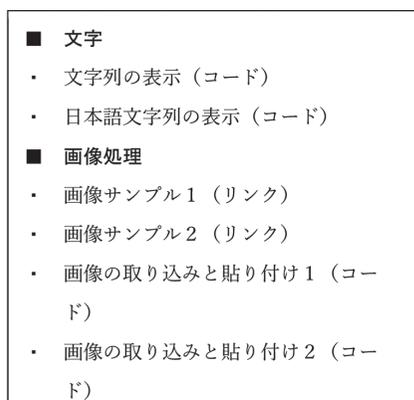


図6 Web サイト (メディア)

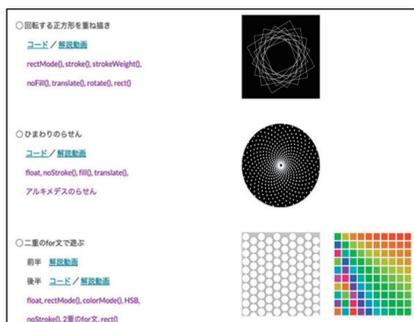


図7 Web サイト (見た目)

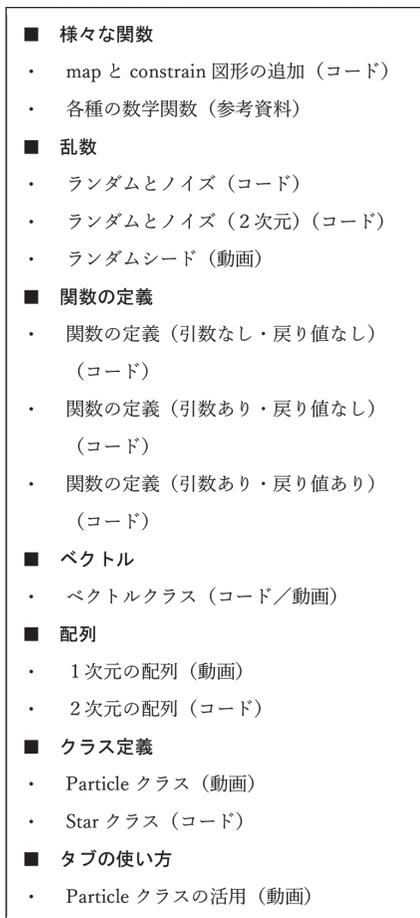


図8 Web サイト  
(発展的なアルゴリズムと乱数)

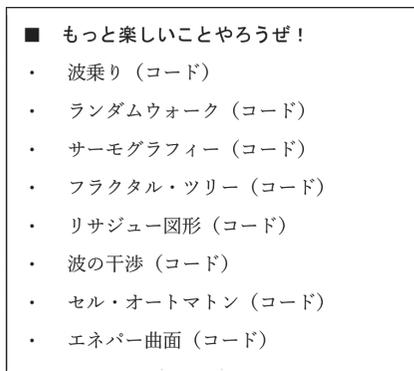


図9 Web サイト (中級編)

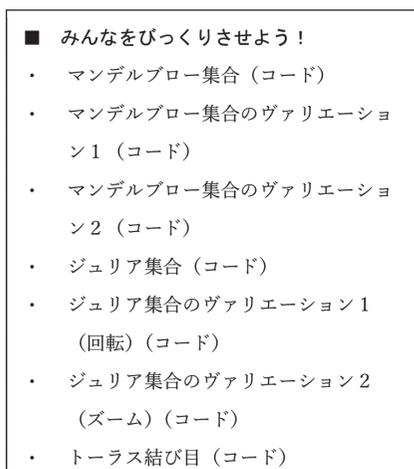


図10 Web サイト (上級編)

クトの開始時と終了時にループリック自己評価を実施する。

- ・ 早い段階で対面でのデザイン思考ワークショップを実施する。学生の創造性や協調性を引き出すのが狙いであるが、チームのアイスブレイクを兼ねる。
- ・ チームでの作品制作と個人での作品制作の活動を並行して実施し、11月に中間的な発表を行う。また1月に最終的な発表を行う。
- ・ 2回の発表を軸として、デザイン思考のサイクル(調査→分析→統合→仮組み→テスト→)を2回まわす。
- ・ 福島大学内外の専門家に協力を打診し、作品制作に資する内容の講義を実施する。

## 5.2. 活動開始・チーム分け

参加締切までに学類生16名、大学院生3名の合計19名の参加希望者が集まった。活動中にさらに大学院生1名を追加し、参加学生数は合計20名であった。所属の内訳は次の通りである。かつこ内はAタイプ(履修登録)の人数である。

- ・ 人間発達文化学類
    - －1学年 3名(3)
    - －2学年 3名(1)
    - －3学年 8名(5)
    - －4学年 2名(0)
  - ・ 人間発達文化研究科 M2 1名(途中参加)
  - ・ 共生システム理工学研究科 M1 3名
- 以上20名の参加者のうち、2名(4学年の1名

	テーマ		講義等（水曜午後を想定）
8月		外部講師に連絡・Webサイト準備	
		slack ワークスペース立ち上げ	
9月	お手本を 楽しもう	slackへの参加で登録	情報分析能力
		活動開始・eラーニング開始	中田による説明（動画）
		リーダー選定	
調査			マネジメント能力
分析	チームを 作ろう	チーム分け	
		参加締め切り	Design思考
10月		アイスブレイク・アンケート	講義（新井先生）？
統合 仮組み	お手本を いじろう	活動タイプの選択（履修登録するか）	知識俯瞰能力
		チームでの作品制作	10/20 講義（巴山竜来さん）
		履修登録完了	Humanity
11月 テスト 調査	公開 しよう	instagramにアップ	
		#福島大学 #数学アートプロジェクト2021	研究検証能力
		ブレインストーミング意見交換会	講義（三浦学長）？
12月 分析 統合 仮組み	オリジナル を作ろう	チームでの作品制作	
		課題解決能力	講義（渡邊先生）？
1月 テスト	一般公開 しよう	instagramにアップ → 記者会見	
		リアル展示用の準備	講義（岡田先生）？
		プロジェクトの整理（学生）	mind set 研究検証能力
2月		展示発表会の開催（科学館等）	
		アンケート実施 プロジェクトの整理（教員）	

図 11 数学アートプロジェクト計画

および途中参加の大学院生 1 名）は俯瞰的な立場からのオブザーバー参加とし、残りの 18 名を 6 名ずつの 3 チームに分けた。チーム分けは学年の分布が均等になるように実施した。

メンバーには slack での自己紹介をしてもらい、参加メンバーが概ね揃った時点（9 月 13 日）で顔合わせの Zoom ミーティングを実施した。その後、各チームのリーダーを 3 年生から選出、サブリーダーはリーダーに指名してもらい、活動の体制が整った。

作品制作は個人で行うことから始め、わからないことや制作した作品は slack で共有することを指示した。

### 5.3. ワークショップ（9 月 29 日）

プロジェクトメンバーの新井教員に協力いただき、デザイン思考を養うためのワークショップを実施した（図 12）。創造性とはどのような能力で、どのように育めば良いかについての講義ののち、「高さに挑戦」のワークを実施した。厚紙とテー



図 12 デザイン思考ワークショップ

ブなどの与えられた材料を使い、できるだけ高いタワーを作るワークである。

当初、上述の 3 チームに分かれて実施することを想定していたが、ワークの内容に合わせ 4 名 1 組の新しいチーム分けをアイスブレイクを兼ねて行い、実施することとなった。

ワークを通して、チームでアイデアを出し合い、試行錯誤して問題を解決することの力を、学生は体感できたことが、実施後の学生の感想からも確認された。

一方で、数学アート制作の 6 人チームでの交流を図ることができなかったのは、その後の活動に影響を与えることになった。数学アート制作は遠隔で実施したため、6 人チームのメンバーは殆ど面識のないメンバーとなってしまった。このため、気軽に質問をしたり、自由に活発な議論を行ってチームで力を合わせて作品を作る、ということがうまく機能しなかった。単発のワークショップを実施する際、本体の活動との連携をよく考慮し、活動がスムーズに進むよう一体的にデザインする必要がある、ということが反省点として得られた。

#### 5.4. ティンカリングによる作品制作

自由制作ではなかなか手が動かない学生の活動を促すため、ティンカリング課題を与えることにした。ティンカリング (Tinkering) とは「いじくりまわして修正すること」を意味する。プロトタイプを作成し、試行・改良を重ね、目的に沿っ

```
void setup() { size(600,600); }
void draw() {
  if (mouseX < width/2) { background(0); }
  else { background(255); }
  ellipse(mouseX, mouseY, 100, 100);
}
```

図 13 ティンカリング課題 1

たものや、より面白いものを作り出す活動を指し、特に STEAM 教育においては極めて重要なマインドになると考えられる。今回は図 13 のような基本的なコードを課題として提示し、学生が少しずつ変更することで個性的な作品に改変することを目指した。

今回のプロジェクトでは、時期をずらしながら以下の 4 つのティンカリング課題を与えた。

- ・課題 1: 条件分岐 (if 文)
- ・課題 2: 回転 (異なる 2 種類の手法)
- ・課題 3: 繰り返し (for 文)
- ・課題 4: 波 (三角関数とアニメーション)

このうち、課題 1 と 3 はチームで行う課題とした。期限内に、メンバーで順番にコードを改変する作業を行った。課題 2 と 4 は各自で改変して個人作品にすることを意図して提示したが、課題 4 については 12 月末頃の提示だったため、作品に反映させた学生はいなかった。

ティンカリングによる制作は、手軽である上に、個性的な作品の実現に繋がり、その有効性は十分に確かめられた。制作の際、あらかじめ意図した動きをプログラムによって実現する方法もあるが、さまざまなコードを試しているうちに、偶然面白いものが出来上がることがある。前者は課題解決の学びとして意味があるが、ティンカリングの醍醐味はどちらかといえば後者にある。少しプログラムを改変するだけでグラフィックスに大きな変化が現れ、意外な動きを発見するのは大変に面白い作業である。これはまさにジェネラティブアートの発想へと繋がる活動であり、その楽しさに気づいて作品制作にのめり込んだ学生も確認された。

ただし、slack を利用しての作業だったため、チームでのティンカリング作業はやり取りに時間がかかり、リズム良く進まなかった。遠隔で行うとしても、決められた時間にメンバーが集合し、意見を交わしながらティンカリングを行う方がより効果的と考えられる。反省点とし、今後の活動に活かしていきたい。

### 5.5. 特別講義

外部講師として 2.4 節で触れた巴山竜来氏（専修大学）に依頼し、10月20日に遠隔での講義を実施した。「デジタルファブリケーション」に関する最新情報や数学的なアート制作の活動について紹介いただいた。リアルタイムで参加可能な学生が少人数であったため、講義内容を録画し、当日参加できなかった学生には後日視聴してもらった。

また、11月24日に福島大学の三浦浩喜学長による特別講義を実施した。近年 STEAM 教育が目ざされているのはなぜか、3D プリンタや VR ゴーグル、最新ソフトウェアの活用などでどんな楽しいことができるのかの講話をしていただいた。

当初の計画では、この他にも「福島型 STEAM 教育の開拓」プロジェクトメンバーによる講義を実施することを検討していたが、スケジュールの都合等により断念した。

### 5.6. 中間発表会（11月17日）

数学アートプロジェクトは遠隔を主体とする活動であるが、中間発表会は対面により実施した。デザイン思考の1回目のサイクルの区切りとして重要な活動と位置づけられる。

この時点で自由制作を進めていた学生は少なかったため、ティンカリング課題1および課題2の成果の紹介が中心となった。チームで進める課題1についてはあまり深く進んでいなかったため、発表の前にその場でティンカリングする時間を1時間とり、作品の完成度を高めた（図14）。



図 14 中間発表会

### 5.7. 最終作品制作

12月に入り、ティンカリング課題を中心とする制作をさらに進めつつ、共通のテーマを決めて「最終作品」を各チームで制作してもらうこととした。

テーマとしては「数学的美しさの探究」と「福島の地域性を活かしたアート」の2つを選択肢として提示し、参加学生の多数決により「数学的美しさの探究」をテーマとすることになった。

最終作品の制作もリーダーの取りまとめのもとティンカリングの手法で進め、1月末までに各チームの作品が完成した。

### 5.8. 作品公開

完成した作品群については YouTube および Instagram での公開を行なった。YouTube には幾つかの分類による複数の動画を挙げており、これらは「福島大学数学アートプロジェクト」で検索すれば作品を鑑賞できる。メインの動画は以下の二つである。

- ・ ロング Ver.  
<https://youtu.be/AIF0oqhksD0>
- ・ ショート Ver.  
<https://youtu.be/Q9VAKxIaArY>

また Instagram の作品はハッシュタグ「#福島大学 map2021」で検索するとアクセスできる。各学生には Instagram への公開を各自でするよう指示していたが、実際に公開を行なった学生は1名

であった。Instagram ではこの学生の作品群の他、ウェブサイトを用意した教材のグラフィックスを公開している。

### 5.9. 「未来の地球学校」および「KIOI STEAM LAB」への参加

数学アートプロジェクトは株式会社 steAm が展開する「未来の地球学校 2021」プロジェクトに参加し、参加校へのメンタリング支援と、発表会での発表を行った。また、同社が展開する社会人向けの講座「KIOI STEAM LAB.」に参加し、メンターとして協力を行った。メンタリングの実施スケジュールは以下の通りである。

1. 大分県立宇佐高校, 1月18日(中田)
2. 本巣市立糸貫中学校(岐阜県), 1月21日(中田, 学生5名)
3. 本巣市立糸貫中学校(岐阜県), 1月24日(中田, 学生2名)
4. 玉川学園(東京都), 1月25日(中田, 学生3名)
5. トキワ松学園高校(東京都), 2月27日(中田)
6. 大分県立宇佐高校, 1月31日(中田, 学生2名)
7. 本巣市立糸貫中学校(岐阜県), 2月3日(中田)
8. トキワ松学園高校(東京都), 2月3日(中田)
9. KIOI STEAM LAB 不思議なデジタルアート作り～数学×アート×科学×プログラミング, 東京ガーデンテラス紀尾井町 カンファレンスルーム & オンライン, 3月9日(中田, 学生2名)
10. KIOI STEAM LAB 不思議なデジタルアート作り2～数学×アート×科学×プログラミング, 東京ガーデンテラス紀尾井町カンファレンスルーム & オンライン, 3月26日(中田, 学生1名)

「未来の地球学校」プロジェクトは経済産業省「未来の教室」実証事業として株式会社 steAm が進める STEAM 探究プロジェクトである。日本全

国、および海外の約 40 団体が参加し、Playful な共創ネットワークを築くことを目指すプロジェクトである (steAm inc., 2022)。参加団体は多様な STEAM 探究活動を行っているが、その中でプログラミングを用いたデジタルアートの制作は核となる活動のひとつであり、複数の学校がウェブアプリケーション p5.js [5] を用いた活動を行っている。このうちの上述の 4 校について、福島大学の数学アートプロジェクトに参加する複数の学生と筆者が、遠隔による活動のメンタリングを実施した。

KIOI STEAM LAB. は東京ガーデンテラス紀尾井町で株式会社 steAm が定期的に開催している社会人向け講座である。2022年3月に p5.js を用いたデジタルアート制作の講座が 2 回おこなわれ、数学アートプロジェクトに参加した学生と中田が、参加者に対するメンタリングを実施した。

なお、p5.js は Processing をウェブ上のアプリケーションとして移植したものであり、両者のプログラミングの仕組みはほぼ同じである。p5.js を用いた STEAM 探究活動の教材としては、株式会社 steAm が提供する経済産業省 STEAM ライブラリーのコンテンツ「21 世紀の STEAM リテラシー～ Playful Coding ～」を挙げることができる [5]。「未来の地球学校」の参加校はこのコンテンツをベースとして活動を行っている。

### 5.10. 最終発表会 (2月6日)

2月6日に遠隔で行われた「未来の地球学校」成果発表会に参加し、数学アートプロジェクトの活動の成果を発表した。発表会には筆者の他、プロジェクトの代表学生、およびチームリーダーを務めた 3 名の計 4 名が発表者として参加し、他の多くの学生は聴衆として参加した。スライドを用いた 2 分間の説明ののち、制作した作品群と複数の学生へのインタビューをまとめた 5 分間の動画を上映した。なお、活動の様子は株式会社 steAm の特設ウェブサイト [4] に掲載されている。

### 5.11. その他の外部への紹介

プロジェクトの成果について、2022年3月2日に行われた第159回福島大学定例記者会見で報告した。この内容については3月5日の福島民友新聞、3月26日の福島民報新聞の紙面に掲載された。3月末には活動報告リーフレットを作成し、その後、様々な機会に配布している。

2022年3月30日から5月31日まで、附属図書館ロビーでの展示を実施した。この展示は、「並行して実施していた「アート&サイエンスプロジェクト」(担当：渡邊晃一)の展示と合同で行った。数学アートプロジェクトに関しては、デジタルサイネージ2台による動画の紹介、新聞記事の掲示、および活動報告リーフレットの配布を行った。

さらに2022年7月18日の福島大学オープンキャンパスでは人間発達文化学類の学類企画として、活動内容についての展示を行った。2022年8月28日に開催された「福島大学地域未来フォーラム 2022in いわき」では「福島型 STEAM 教育の開拓」プロジェクトの活動を紹介し、具体的な活動として数学アートプロジェクトの取り組みについて、チームリーダーの学生3名から紹介を行った。

## 6. 活動の評価

### 6.1. ルーブリック評価

今回のプロジェクトでは、活動前と活動後にルーブリック自己評価を参加者が実施することを計画していたが、連絡の不備等により適切なデータを取ることができなかった。それでも、ルーブリック評価を実施した学生は、25項目のルーブリック評価の内容に目を通すことで、このプロジェクトで育成しようとする力がどのようなものであるか、また、これからの社会でどのような力が必要となるかについて、大いに参考になったものと考えられる。今回は試行と捉え、令和4年度以降の活動の際、適切なデータとる体制を整えることを反省材料とすることにした。

### 6.2. 参加学生の感想

自主学修プログラムに履修登録した学生9名については、活動報告書の提出が義務付けられており、各自での総括を実施した。これらの報告は、本プロジェクトの効果についての定性的な評価、および今後の活動に向けての反省材料として参考になる点を多く含んでいる。以下、チームリーダーを務めた、2名の学生A、Bの報告内容について紹介する。

#### (1) 活動を通して身についたこと、良かったこと、自主的に取り組めたこと

学生A. プログラミングの作品を作る際に、最初の頃は静止画から始まり、次に動きをつけ、最終的には3D空間での作品を作ることができた。この数学アートプロジェクトの活動を通してよかったことは、思いがけない作品と出会えたことだ。とりあえずどのような作品になるかわからないが、「ここのプログラムのコードを他のコードに変えてみよう」や「ここの数値を変えてみよう」といった取り組みから、美しい作品が出来上がったりした。また、これまで作ってきた作品どうしのコードを組み合わせることによって、思いがけない作品が出来上がった。出来上がった作品をSNSだけではなく、周りの身近な人に見せることで、数学的な美しさであったり、綺麗な幾何学的な模様の素晴らしさだったりを共感できたと思う。

学生B. この活動を通して、Processingを用いた簡易的なプログラミング技術を身につけることができ、またその技術を生かして「数学的な美しさ」を追求したアートを作成することができた。私はSF映画のワープシーンの一部を作成したが、数学と映画をプログラミングで繋ぐことができた。また、株式会社steAmとの連携等により、他大学や他国の学生と共にプログラミングを通して学び合い活動を行えたことで、自身にはない「見方・考え方」を得ることが出来た。福島大学内で作品発表をするのではなく、外部に発信していくことの重要性についても肌で感じられ、本当に良かった。活動時間外にも、インターネットに載っている作

品を自身で再現したり、プログラミングコードを解説したりと自主的に取り組むことができた。

## (2) 活動を通して身についたこと、良かったこと、自主的に取り組めたこと

学生 A. たくさん作品を作ったことはとても良かったと感じているが、少し一方的にチーム内に作品共有しすぎたように感じる。自分の作成した作品が、他のメンバーの作品作りの手助けとなる取り組みができれば良かったと思う。

学生 B. この活動を通し、「さまざまな情報に積極的に触れ、他人に共有し、互いを刺激し合えるようなコミュニケーションスキル」が自分に不足していることに気付いた。チームリーダーということもあり、「チームをまとめる」ことに加え、数学アートプロジェクトにチーム全体で「積極的に参加する」ことにも目を向ける必要があったが、自身の作品制作に注力してしまったこともあり、そこまで気を配ることが出来なかった。

## (3) 活動を通して身についたこと、良かったこと、自主的に取り組めたこと

学生 A. この数学アートプロジェクトが終わったから、プログラミングの活動を終わるのではなく、今後も継続していきたい。この活動で得たスキルをこれからは何かしらの役に立てていきたいと考えている。私は教員志望であるため、もし教員になることができれば、生徒たちにプログラミングの楽しさを一緒に活動して教えていきたい。今できることとしては、学校ボランティアで中学校にお邪魔させていただいているため、生徒たちとプログラミングを一緒にできたらいいと思っている。作品作りでは、個人制作だけではなく、チームでコードを付け加えていく「Tinkering 課題」というものにも取り組み、チーム全体としての作品が形として残ることがとても嬉しかった。今後も作品作りを継続して、さらに他の人が驚く美しい作品を生み出していきたい。

学生 B. 今回の活動を踏まえて、今後は福島県と連携し、各地域に数学アートと地域伝統や文化

を繋げた作品を形にして残していきたい。具体的には、プログラミングで作成した数学アートを視覚化し、イルミネーションと融合させたり、「赤べこ」をプログラミングで表すことを地域伝統に追加する、桜並木で桜が散る様子をプログラミングで表して福島発の演劇とコラボするなどだ。それぞれの文化の良さを数学的な美しさで掛け合わせることで、「芸術」というものがより魅力的に感じられるような地域になるよう、尽力していきたい。今回の活動を通して、数学的な見方・考え方の多様な活かし方、課題解決における多様なアプローチ、リーダーの在り方、学び合い・協働の重要性を肌で感じる事ができた。今回の学びを活かし、数学アートについてさらに探究し、数学と福島をより繋げられる活動を積極的に行いたい。

## 7. 今後の課題

数学アートプロジェクトの活動を通して浮かび上がった課題について整理する。

### 7.1. 教材・システムの整備

参加学生の中には、デジタルアート制作にのめり込み、インターネットを使って様々な手法を自主的に学び、複雑で興味深い作品を数多く制作した学生も見られた。その一方で、与えられた課題をこなすのみで、個人の発想に基づいた作品制作まで至らない学生も多く見られた。発展的なプログラミングについてはウェブ上の資料や書籍等も充実しているため、重要なのは後者のタイプの学生に、いかに「のめり込む」ものを見つけさせるか、という点と言える。今回は動画とウェブ上の資料でのスタートだったが、初心者段階でも興味を持って続けられるような教材やカリキュラム、システムをどのように構成するかは重要な課題である。

### 7.2. 遠隔による実践の難しさ

数学アートプロジェクトでは slack を用いた連絡・議論と動画による知識の習得を中心に活動を行った。いずれも時間的・空間的に個別最適学

びを行うための試みであったが、特に時間的な制約を外して協働作業を進めるのは難しかった。他の学生の活動を見て刺激を受ける、といった効果があまり働かず、顔の見えないメンバーとのコミュニケーションが円滑に進まなかったことは否めない。プログラミングによるデジタルアート制作は遠隔で実施するのに適した題材であると考えられるが、協働での作業を進めるためには、同じ時間に集まってリアルタイムの議論を行うこと、また遠隔会議システムなどを用いて顔と表情の見える状態で実施することが有効と考えられる。

### 7.3. 協働的な活動のコーディネート

すでに述べた通り、「デザイン思考ワークショップ」のチーム分けと本体の活動のチーム分けが異なるものになってしまった点が反省される。事前に担当者間で打ち合わせが足りていなかったことが要因と考えられ、改善が必要である。

また、今回は6人1組のチームとし、しっかり活動をするAタイプと、気ままに活動をするBタイプが混在するチームとしたが、このことは作業を進める上での効率を悪くした可能性がある。より少人数のチームで、チームメンバーでモチベーションを共有しながらの作業が望ましいと考えられ、今後に向けた反省としたい。

### 7.4. メンタリングシステムの確立

「未来の地球学校」の活動に参加し、高校生などにプログラミングのアドバイスをを行ったが、これが大変に有意義な活動であったことが、学生の感想から伺える。メンタリングによって探究的な教育を支えることは、STEAM探究活動を行う学校と、教育者を育てる大学の双方にとって重要である。特に学校側にとっては生徒一人ひとりに対応した個別最適な学びを実施する上で、今後は必須のものになると考えられる。

初等・中等教育での探究的なSTEAM教育を実現し、充実していくためには学生によるメンタリングの仕組みを作っていくことが重要である。メンタリングの活動を、大学における教育者育成カ

リキュラムに適切に組み込んでいくことが大変重要と考えられる。

## 8. おわりに

デジタルアートを題材とした数学アートプロジェクトの活動を通して、学生はプログラミングの技術も学びながら、自らの楽しさに基づき、協働的な活動により作品を形にし、発表することができた。個人の興味に基づいて専門性を深めていく教育のあり方、多様な人々と協働し、解のない問題に取り組んで新しい未来を共創していく、これからの学びのあるべき姿の「輪郭」が捉えられたように感じている。今回得られた反省点を活かし、さらに広範な分野にまたがるSTEAMの学びを実現していきたい。

## 参考文献

- [1] Eli Maor, Eugen Jost「美しい幾何学 (Beautiful Geometry)」(高木隆二監訳、稲葉芳成・河崎哲嗣・田中利史・平澤美可三・吉田耕平訳)丸善出版、2015年
- [2] Processing : <https://processing.org>
- [3] p5.js : <https://p5js.org/>
- [4] steAm inc. 「『未来の地球学校』2021-STEAM探究ポスター展、<https://steam21.com/poster/>、2022年.
- [5] steAm inc. 「21世紀のSTEAMリテラシー～Playful Coding～」, 経済産業省STEAMライブラリー、
- [6] <https://www.steam-library.go.jp/content/37>
- [7] 井浩「福島型STEAM教育評価指標策定に関する取り組み—美術教育から解釈したArt(s)の位置付け等—」, 美術教育学研究, 55号, 2023年
- [8] 中田文憲, 「高等数学教育におけるProcessingの活用について」, 福島大学人間発達文化学類論集, Vol. 30, pp. 1-15, 2019年.
- [9] 中田文憲, 新井浩, 初澤敏生, 渡邊晃一「令和3年度福島大学重点研究分野『foR-Fプロジェクト』に指定された『福島型STEAM教育の開拓』」, 福島大学地域創造, 第33巻第2号, pp. 1-3, 2022年2月
- [10] 中田文憲, 「福島型STEAM教育の開拓」, 福島大学研究年報第18号, pp. 88-89, 2022年11月
- [11] 巴山竜来「数学から創るジェネラティブアートーProcessingで学ぶかたちのデザイナーー」, 技術評論社, 2019年

(2023年1月27日受理)

## Report for practice of STEAM inquiry activities with MathArt

**NAKATA Fuminori**

The results and challenges of the practice of the “Math Art Project” is reported, which was conducted in 2021 as part of the Fukushima University priority research field (foR-F project) “Pioneering Fukushima-style STEAM education”. In this practice, we aimed to develop cross-disciplinary research skills based on the idea of STEAM through activities to create mathematical graphics using programming. And at the same time, we aimed to realize an individual optimal and collaborative learning using ICT.